



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Riku Kyllönen

Betonirakenteiden laadunvarmistus Helsinki-Vantaan lentoasemalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

16.3.2020

| | |
|--|---|
| Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika | Riku Kyllönen Betonirakenteiden laadunvarmistus Helsinki-Vantaan lentoasemalla 40 sivua + 2 liitettä 16.3.2020 |
| Tutkinto | insinööri (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma | Rakennustekniikka |
| Ammatillinen pääaine | Infratekniikka |
| Ohjaajat | Laatupäällikkö Carita Salminen Lehtori Paula Naukkarinen |
| <p>Tässä insinööriyössä keskityttiin selvittämään mitä laadunvarmistustoimenpiteitä ja laatuvaatimuksia Helsinki-Vantaan lentoaseman betonirakenteille oli asetettu, tavoitteena oli kerätä ne yhteen ja lisätä laadunvarmistukseen täsmällisyyttä lentoasemaympäristössä. Opinäytetyöni tilaaja oli Destia Oy, joka on mukana Finavia Oyj:n luomassa Helsinki-Vantaan lentoaseman asematason allianssiurakassa ja rakentaa betoniset pintarakenteet eli betonilaatat, jotka toimivat lentokoneiden seisontapaikkoina ja matkustajasiltojen perustukset.</p> <p>Insinööriyössä selvitettiin, millaisia normeja tulee noudattaa tämän kaltaisessa projektissa. Näihin normeihin myös perehdyttiin tätä insinööriyötä tehdessä. Laatuvaatimukset ovat erittäin korkeat lentoaseman betonirakenteille ja niillä on useita tavallisesta poikkeavia ominaisuuksia, lisäksi itse rakentaminen lentoasema-alueella tuo omat haasteensa.</p> <p>Lopputulemana työstä kehittyi selvitys lentoasema-alueen betonirakenteiden laatuvaatimuksista ja laadunvarmistustoimenpiteistä. Lisäksi kerättiin olennaisimmat käytännön rakentamiseen liittyvät asiat, joilla laatuvaatimukseen päästään. Näistä kerätyistä tiedoista tulee olemaan hyötyä myöhemmin lentoasema-alueella toteutettavissa betonitoissa.</p> | |
| Avainsanat | Laatu, laadunvarmistus, laatuvaatimukset, betonirakenteet |

| | |
|---|---|
| Author Title Number of Pages Date | Riku Kyllönen Quality assurance of concrete structures At Helsinki-Vantaa Airport 40 pages + 2 appendices 16.3.2020 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Civil Engineering |
| Professional Major | Infraconstruction Engineering |
| Instructors | Carita Salminen, Quality manager, Destia Ltd Paula Naukkarinen, Lecturer, Metropolia AMK |
| <p>In my thesis, I focused on finding out what quality requirements were set for ramp-level concrete structures, with the aim of gathering them together and adding precision to the quality assurance in the airport environment. The thesis topic was proposed by Destia Ltd, which is involved in the Asemataso alliance contract with Finavia. The company is responsible for building concrete structures of the Helsinki-Vantaa Airport, ie concrete slabs, which serve as aircraft stands and foundations for passenger bridges.</p> <p>The thesis clarified what standards should be followed in a project like this. I also studied these standards during my thesis work. The quality requirements are very high for the airport concrete structures, and the concrete structures must have many special features, also the construction work in the airport area itself presents its own challenges.</p> <p>As a result, the work evolved into a survey of the quality requirements and quality assurance measures for the concrete structures of the airport area. In addition, I collected the most essential issues related to the practical construction work that helps to achieve the quality requirements. This collected information will be useful for concrete work to be carried out later in the airport area.</p> | |
| Keywords | Quality, quality assurance, quality requirements, concrete structures |

Sisällys

Lyhenteet

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 1.1 | Työn tavoitteet | 2 |
| 1.2 | Allianssi | 2 |
| 2 | Betonirakenteet Helsinki-Vantaan lentoasemalla | 4 |
| 2.1 | Betonilaatan anturat | 5 |
| 2.2 | Betonilaatta | 5 |
| 2.3 | Matkustajasiltojen perustukset | 6 |
| 3 | Betonirakenteiden tekemiseen vaadittavat resurssit | 7 |
| 3.1 | Betonilaatan anturat | 7 |
| 3.3 | Matkustajasiltojen perustukset | 9 |
| 4 | Betonirakenteiden laatuvaatimukset ja laadunvarmistus | 10 |
| 4.1 | Betonilaatan anturat ja betonilaatta | 10 |
| 4.2 | Ilmamäärämittaukset betonimassasta | 17 |
| 5 | Betonirakenteiden toteutus | 19 |
| 5.1 | Betonilaatan anturat | 19 |
| 5.1.1 | Muotti | 19 |
| 5.1.2 | Rauditus | 19 |
| 5.1.3 | Betonointi | 20 |
| 5.2 | Betonilaatat | 21 |
| 5.2.1 | Muottityö | 22 |
| 5.2.2 | Rauditus | 23 |
| 5.2.3 | Betonointi | 25 |
| 5.2.4 | Betonipinta ja jälkihoito | 28 |
| 5.2.5 | Betonilaattojen kaivot | 30 |
| 5.2.6 | Betonilaattojen saumat | 31 |
| 5.3 | Matkustajasillan perustukset | 33 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.3.1 | Muotti | 33 |
| 5.3.2 | Raudoitus | 34 |
| 5.3.3 | Betonointi | 35 |
| 6 | Yhteenveto | 38 |
| | Lähteet | 40 |
| | Liitteet | |
| | Liite 1. Betonointisuunnitelma ja -pöytäkirja | |
| | Liite 2. Betonilaatan anturapalkin muotin ja raudoituksen tarkastuspöytäkirja | |

Lyhenteet

| | |
|---------------------|---|
| Asemataso | Alue lentokentällä, jolla sijaitsee rullaustiet ja konepaikat |
| FOD | Foreign Object Damage, eli lentokentälle kuumaton esine, joka voi vahingoittaa lentokonetta. |
| VLK | Vaihtoliikenteen kapasiteetin kehittäminen |
| Korroosio | Materiaalin syöpyminen ympäristön vaikutuksesta |
| Karbonatisoituminen | Ilman hiilidioksidi reagoi emäksisen betonin kanssa, jonka seurauksena betoni neutraloituu ja teräkset ovat alttiita korroosiolle |
| Matkustajasilta | Liikuteltava silta, jota kautta matkustajat pääsevät terminaalista lentokoneeseen |
| XPS-lämmöneriste | Suulakepuristettu polystyreenilevy |
| JOCO-saumakumi | Betoniin asennettava vedentiivistysnauha liikuntasaumoille |
| Rullaustie | Lentokoneiden käyttämä väylä lentokentällä, jota kautta lentokoneet pääsevät kiitotielle tai terminaalin eteen |

1 Johdanto

Tämä insinöörityö käsittelee Helsinki-Vantaan lentoaseman paikalla valettavia betonisia pintarakenteita eli raudoitettuja betonilaattoja, niiden anturoita sekä matkustajasiltojen perustuksia. Destia Oy toimii päätoteuttajana Asematason allianssiprojektissa, työn tilaajana on Finavia Oyj. Nämä betonilaatat toimivat lentokoneiden parkkipaikkoina tankkausta, lastausta ja huoltoa varten. Matkustajasillat ovat taas liikuteltavia siltoja, joita kautta matkustajat pääsevät terminaalista lentokoneeseen. Laatuvaatimukset perustuvat pitkälti Betoninormit By 50 -vaatimuksiin.

Tässä työssä käydään läpi ensin hieman Destia Oy:n roolia allianssiurakassa. Teoriaosuudessa kerron betonirakenteiden toimintaperiaatteista, josta siirryn tarvittaviin resursseihin. Tämän jälkeen käsitellään tämän työn pääaihetta, betonirakenteiden laatuvaatimuksia ja laadunvarmistusta lentoasema-alueella. Lopuksi käydään läpi käytännön asioita, eli rakentamista ja siinä huomioitavia asioita laatuvaatimusten täyttymiseksi.

Destia Oy toimii tämän insinöörityön tilaajana. Se on suurin suomalainen infrastruktuurialan yritys, joka toteuttaa kyseisen urakan infrarakennustyöt asematason alueella. Urakassa on useita eri työvaiheita, esimerkiksi päällysrakenteet, betonilaatat, betonilaattojen anturat, betonilaattojen lämmityspotkien asennukset, betonirakenteet matkustajasiltojen perustuksissa, maaleikkaukset, louhinnat, massanvaihdot, asfalttityöt, vesihuolto-linjojen putkityöt ja sähkötyöt.

Betonilla on vahva rooli rakentamisessa, se on käytetyin rakennusmateriaali maailmassa. Sillä on paljon hyviä puolia kuten kilpailukykyinen hinta, raaka-aineiden hyvä saatavuus ja ominaisuudet kuten puristuslujuus ja kestävyys palon ja kosteuden suhteen. Suomessa betonia käytetään vuosittain noin kuutiometri asukasta kohden, eli kaikkiaan noin 5 miljoonaa kuutiometriä. Tästä 40% menee infrastruktuurin rakentamiseen, johon lentoasemakin kuuluu. Loput 60% käytetään talorakentamiseen. [1]

1.1 Työn tavoitteet

Tämän insinöörityön tavoitteena on selvittää ja kerätä asemantason betonirakenteiden laatuvaatimukset yhteen sekä lisätä selkeyttä ja sujuvuutta betonirakenteiden laadunvarmistukseen lentoasemaympäristössä. Lisäksi kerätään yhteen käytännön rakentamiseen liittyviä seikkoja, jotka nähdään oleellisina, jotta korkealuokkaisiin laatutavoitteisiin päästäisiin. Tarkoituksena on antaa työn lukijalle selkeä kuva siitä, mitä asemantason betonirakenteiden laadunvarmistukseen kuuluu ja kuinka laatuvaatimuksissa onnistutaan.

Tutkimusaineistona tässä insinöörityössä toimii allianssiprojektin dokumentit, betoni- ja yleinen rakennusalan kirjallisuus ja oma sekä muiden urakassa työskentelevien kokemus. Destia Oy voi jatkossa käyttää tätä insinöörityötä hyödyksi lentokentillä toteutettavissa betonirakenteissa.

1.2 Allianssi

Finavia Oyj haluaa kehittää Helsinki-Vantaan lentokenttää laajentamalla sitä, lisäämällä lentokonepaikkoja ja kasvattamalla matkustajamääriä. Tavoitteena on erityisesti vahvistaa lentokentän roolia Euroopan ja Aasian välisessä vaihtoliikenteessä. Tätä varten luotiin hanke nimeltä Asemantason allianssiurakka, vaihtoliikenteen kapasiteetin kehittäminen (VLK). Allianssiurakka alkoi elokuussa 2015.

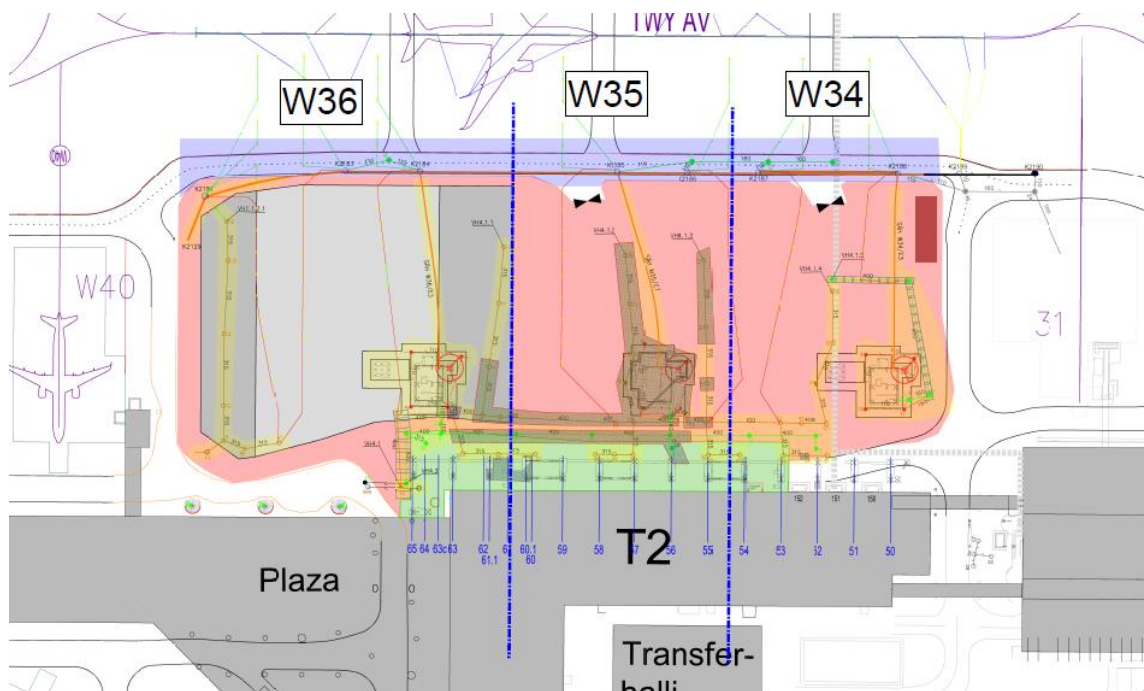
Asemantaso eli platta on lentokentän osa, sen koko vaihtelee lentokentittäin. Se on tarkoitettu lentokoneiden matkustajien kyytiin ottamista, kuorman lastausta ja purkamista sekä lentokoneiden tankkausta, paikoitusta ja huoltoa varten.

Allianssissa yhteistyö hankkeen tilaajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa korostuu. Nämä edellä mainitut urakan osapuolet kuuluvat yhteiseen allianssiorganisaatioon, jossa vastataan suunnittelusta ja rakentamisesta. Yhteinen sopimus, luottamus, avoimuus, sitoutuminen ja osapuolten välinen yhteistyö ovat allianssiprojektin pääperiaatteita. [2]

Finavia Oyj on asettanut korkealuokkaiset tavoitteet allianssiprojektille, jossa huomioidaan rakentamisen lisäksi lentokentän muu toiminta. Tavoitteena on, että urakka ei vaikuta lentoliikenteen turvallisuuteen eikä lentoaseman palvelutasoon. Rakentamiseen asetettuja tavoitteita ovat työnaikaisen turvallisuuden korkeatasoisuus, rakennettavat kohteet otetaan käyttöön sovitun aikataulun mukaan ja rakentamisen kustannustehokkuus. Suunnittelun ja rakentamisen tason odotetaan olevan huippuluokkaa ja kohteiden luovutukset moitteettomia. [2]

2 Betonirakenteet Helsinki-Vantaan lentoasemalla

Betonirakenteelle määritellään käyttöikä, kun rakenteen suunnittelu aloitetaan. Normaalisti betonirakenteille määritellään käyttöiäksi 50-100 vuotta. Suunnitteluvaiheessa määritellyn käyttöiän täyttyminen edellyttää kunnollista rakenteen kunnossapitoa ja huoltoa. Peruskorjauksilla betonirakenteiden käyttöikää voidaan pidentää. Lentoaseman betonirakenteiden käyttöiäksi on määritetty 100 vuotta. Tässä luvussa käydään läpi betonirakenteet, jotka Destia Oy toteuttaa Helsinki-Vantaan lentoasemalle asematason allianssiurakassa.



Kuva 1. Punaisella alueella Destia Oy:n urakka-alue Asematason allianssiurakassa vuonna 2019. [13]

Yllä olevassa kuvassa punaisella alueella sijaitsevat betonirakenteet, joiden toteuttaminen kuuluu Destia Oy:lle lentoasemalla, eli betonilaatat sekä matkustajasiltojen perustukset. Toteutettavien lentokonepaikkojen betonilaatat on nimetty seuraavasti; W36, W35 ja W34. Näistä lentokonepaikka W36 sekä kaikki kolme matkustajasiltojen perustusta tehtiin vuonna 2019. Kaikkiaan Destia Oy on toteuttanut Helsinki-Vantaan lentoasemalla 15 lentokonepaikkaa ja 9 matkustajasiltojen perustuksia.

2.1 Betonilaatan anturat

Betonilaatan anturapalkit ovat betonirakenteiden alimmat osat. Niiden tehtävänä on jakaa paino maapohjalle. Anturoille tulevia kuormia ovat niiden yläpuolella olevat stabiilit kuormat eli betonilaatat, sekä muuttuvat kuormat eli lentokoneet, tankkausautot ja muut kulkuneuvot. Suurimmat kuormat betonirakenteelle lentoasemalla tulevat isoilta matkustajalentokoneilta, kuten esimerkiksi Airbus A350.

Anturat kiertävät betonilaattojen ulkoreunoja, ollen mitoiltaan korkeus 300 mm x leveys 800 mm. Betoni on laadultaan C40/50, rasitusluokat XC4, XD3, XF4, XA2, maksimirae-koko 32 mm, sementti Portlandsementtiä CEM I SR ja raudoitteet A500HW, joka on yleisin Suomessa käytetty harjateräs.

2.2 Betonilaatta

Raudoitettut betonilaatat toimivat lentokoneiden seisontapaikkoina. Ne ovat normaalisti 280 mm paksuja, mutta myös muutamia 350 mm paksuja betonilaattoja on tehty, joihin matkustajat viedään busseilla eikä suoraan matkustajasiltaa pitkin. Laattoja on lämmitettömämiä ja lämmitettyjä. Lämmittämättömien laattojen pohjalle tulee bentoniittimatto Voltex DS sekä JOCO-saumakumi eli vedentiivistysnauha liikuntasaumoille. Lämmitettyjen betonilaattojen alle tulee lisäksi N3 suodatinkangas ja XPS-lämmöneristeet eli suulakepuristettu polystyreeni. Bentoniitti on luonnon savimineraali, joka reagoidessaan veden kanssa turpoaa ja muuttuu vesitiiviiksi. [12]

Lämmitettyjen betonilaattojen tehtävä on pitää laatat käyttökunnossa myös talvisin, laattojen sisällä kiertävät PEX-lämmitysputket toimivat lumensulatusjärjestelmänä. Betonilaattojen betoni ja raudoitteet ovat laadultaan samaa kuin anturoissa, lisänä kuitenkin Bamtec-rullaraudoite, joka nopeuttaa raudoitustöitä.

Kun laatta on betonoitu ja sen päällä kestää kävellä, voidaan liikuntasaumat sahata ”märkäсахauksena”. Saumojen tarkoitus on hallita laatan halkeilua ja ohjata halkeilu

suunniteltuihin paikkoihin. Myöhemmin saumat levennetään ja niihin laitetaan SABA-saumamassa. Kohtisuoraan saumojen alapuolella on JOCO-saumakumi, joka bentoniittimaton kanssa suojaa maaperää lentoasema-alueella käytettäviltä kemikaaleilta.



Kuva 2. JOCO-saumakumi, joka kulkee bentoniittimaton päällä.

2.3 Matkustajasiltojen perustukset

Matkustajasiltojen perustusten betonirakenteet koostuvat 1000 mm paksusta betonilaatasta, sokkelista, väliseinistä ja hissikuilusta. Niiden päälle rakennetaan pienen kerrostalon kokoa vastaava huoltorakennus ja itse matkustajasilta, jota kautta matkustajat pääsevät lentokoneeseen. Matkustajasiltojen perustusten betoni on laadultaan C35/45 (rasitusluokat XA2, XC2, SR3-sementti), joka on eri kuin betonilaatoissa, koska matkustajasiltojen perustuksiin ei kohdistu lentokoneiden suurta pistekuormaa ja koska perustukset jäävät maan alle, on niiden sää- ja kemikaalirasitus pienempää kuin betonilaatoilla.

3 Betonirakenteiden tekemiseen vaadittavat resurssit

3.1 Betonilaatan anturat

Laatan betonianturoiden tekoon vaadittavia resursseja on monia, esimerkiksi työryhmät, jotka hoitavat muottityön, raudoituksen sekä betonoinnin aikana täryttämisen, tiivistämisen, hierron ja jälkihoitoaineen levittämisen. Mittaryhmän tehtävänä on merkitä muotin paikka, mitata takymetrillä muotin ja myöhemmin valmiin rakenteen sijainti vaakatasossa sekä mitata valmiin rakenteen yläpinnan korkeusasema, näille on asetettu tiukat toleranssivaatimukset, joista lisää luvussa 4.

Materiaalina betonilaatan anturoiden muoteissa käytetään vanerimuotteja, jotka työryhmä asentaa paikalleen mittamiehen merkkäämien merkkien mukaan. Nostoapuna raudoitteiden ja puutavaran nostamisessa toimii kuormausnosturi. Raudoitustyössä käytetään surrikoukkuja ja sinkittyä surrilankaa sekä puikkohitsauskonetta.

Betonointia varten tarvitaan betonipumppu, jolla saadaan betoni valettua muottiin. On huolehdittava betonipumpun riittävästä pituudesta, koska laatan ympäri kiertävät anturat ovat useita kymmeniä metrejä pitkiä eikä pumpun siirtäminen ahtaalla työmaa-alueella aina onnistu. Betonointiryhmä tarvitsee betonointiin vibroja, hiertimiä ja muuta betonointikalustoa. On myös hyvä varautua ongelmatilanteisiin varakalustolla, esimerkiksi varavibroin ja vara-aggregaatein.

Ennen betonointia muotin sisälle laitetaan betonin lämpötilan seuranta-anturit, joka on osa betonirakenteiden laadunvalvontaa. Betonin lämpötilan seuraaminen tapahtuu kuvassa 3 nähtävällä mittauslaitteella, ja lämpötilan seuraamisella lämpötilan seuraamisella kovettumisen aikana voidaan tehdä laskelmia betonin lujuuden kehityksestä.



Kuva 3. Betonin lämpötilan seurantaan tarkoitettu loggeri, johon kytkettynä lämpötila-anturit

2.2 Betonilaatta

Betonilaatan resurssit noudattavat samaa kaavaa kuin anturoidenkin, mutta työn määrä on suurempi ja raudoitteita sekä betonia menee huomattavasti enemmän, kun taas muottia menee vähemmän:

- työryhmät, jotka hoitavat muottityön, raudoituksen sekä betonoinnin aikana täyttämisen, tiivistämisen, hierron ja väli- sekä jälkihoitoaineen levittämisen.
- mittaryhmä, tehtävä on merkitä anturan päälle tulevan reuna muotin paikka, mitata muotin ja valmiin laatan sijainti vaakatasossa sekä yläpinnan korkeusasema.
- vanerimuotti
- kuormausnosturi
- hitsauskone ja puikot

- lämpötilan seuranta-anturit
- betonipumppu, suurissa yli 4000 m² kokoisissa laatoissa 4 kpl, pienemmissä 2 kpl pumppuja
- vibrat ja muu betonointikalusto
- raudoitteet (Bamtec-rullarautoite, A500HW) ja työteräket* [3]

*Työteräksillä tarkoitetaan teräksiä, joita käytetään raudoitustyössä, kun kyseiseen käyttökohteeseen ei ole käytettävissä valmiiksi siihen muotoiltua raudoitetta. Työteräket soveltuvat myös esimerkiksi rakenteen tukemiseen. Normaalisti työteräket toimitetaan kohteeseen täysimittaisina 6-12 metrisinä terästankoina, työterästen paksuudet vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan.

3.3 Matkustajasiltojen perustukset

Resurssit matkustajasiltojen perustuksia tehdessä poikkeavat hieman betonilaatasta ja niiden anturoista, esimerkiksi vanerimuottien lisäksi työssä käytetään muottielementtejä, jotka nopeuttavat muottityötä. Työryhmä hoitaa muotti-, raudoitus- sekä betonityöt kun taas mittaryhmä mittaa muottien paikat, betonointikorot, seinien sijainnit sekä pulttiryhmit.

Matkustajasiltojen perustusten rakentamisessa tarvitaan myös kuormausnosturia nostoihin, puikkohitsauskonetta, betonipumppua, betonointikalustoa, eli vibroja ja hiertimiä, raudoitteet, jotka sidotaan kiinni sinkityin surrilangoin sekä lämpötilan seuranta-anturit.



Kuva 4. Matkustajasillan sokkelin raudoitusta ja muottityötä, alhaalla paikat läpi vienneille.

4 Betonirakenteiden laatuvaatimukset ja laadunvarmistus

Korkeatasoisten ja vaativien laatuvaatimusten täyttymiseksi asematason allianssissa kiinnitetään erityistä huomiota betonirakenteiden laatuun ja ominaisuuksiin. Suunnitelmien ja noudatettavien asiakirjojen asetetut vaatimukset pitää täytyä tiivistetyllä ja jälkihoidetulla kovettuneella betonilla. Kovettuneella betonilla on oltava suunnitelma-asiakirjojen mukaiset lujuus-, säilyvyys- ja muut ominaisuudet.

Betonirakenteiden laatuvaatimukset lentoasema-alueella perustuvat suunnitelmapiirustuksiin, Betoninormit 2012 By 50 ja siinä esitettyihin liitestandardeihin ja ohjeisiin, Betonin kiviainekset By 43, Betonilattiat 2014 By 45 sekä suunnittelijan laatimaan työselostukseen.

4.1 Betonilaatan anturat ja betonilaatta

Valettavien alueiden suuri koko tuo omat haasteensa ulko-olosuhteissa. Suuren koon takia betonilaattoja ei voida tehdä tarkoilla laserlevityskoneilla vaan käsityönä linjaroimalla tasolaserien avulla. Suuren sääsuojan tekeminen laatalle ei olisi realistinen vaihtoehto kustannuksiltaan kuin käytönkään kannalta. Haasteita ulko-olosuhteissa valaessa on etenkin tuulinen ja aurinkoinen keli koska nämä vaikuttavat lujuudenkehityksessä vaadittavaan kosteuteen ja kuivattavat betonin pintaa liian nopeasti, joka voi aiheuttaa halkeilua betonin pinnassa. Yöllä sää on optimaalisempi eikä aurinko kuivata betonin pintaa, joten yksi tapa on betonoida laatat yöaikaan, jolloin sääolosuhteet eivät vaikuta haittaavasti betonin lujuudenkehitykseen. [4, s 17.]

Betonilaattojen ja laattojen anturoiden betonille asetetut vähimmäisvaatimukset:

- Materiaalit, valmistus ja laadunvalvonta By 50 2012 mukaan
- Lujuusluokka C40/50, By 50 2012 mukainen luokka 1
- Betonimassan notkeusluokka S2, painuma välillä 50...90 mm

- Suurin sallittu kiviaineksen maksimiraekoko 32 mm (graniittisepeliä tai soraa)
- Rasitusluokat By 50 2012 mukaiset XC4, XD3, XF4 ja XA2
- Sementti sulfaatin kestävää Portlandsementtiä (CEM I SR)
- Silikan, lentotuhkan ja kuonan käyttö ei ole sallittua betonin lujuusluokasta johtuen
- Määritelty työstettävyyssika betonimassalla riippuu käytettävissä olevasta kalustosta ja henkilöresursseista.
- Betonipinnan kulutuskestävyys By 45 betonilattiat 2014 luokan 2 mukainen
- Tarpeen vaatiessa betonia voidaan notkistaa nesteyttimellä veden vähentämiseksi. [4, s.17.]

Betonin sideaineena käytetään sulfaatin kestävää Portlandsementtiä. Betonissa käytettävän kiviaineksen täytyy olla julkaisun By 43 Betonin kiviainekset mukaisia, kuten graniittisepeliä tai -soria, eli kivilajeja, joilla on laadukkaat mekaaniset ominaisuudet, esimerkiksi sitkeys, lujuus, kulutuskestävyys ja pakkasen kestävyys. Veden, jota käytetään betonin valmistuksessa, pitää olla betonin tekoon soveltuvaa puhdasta vettä eikä sen kloridipitoisuus saa ylittää 0,02 painoprosenttia. [4, s.18.]

Betonin lisäaineiden täytyy olla CE-merkittyjä ja käyttö By 50 2012 kohdan 4.1.1.1 e mukaista. Eli lisäaineiden kokonaismäärä ei saa ylittää valmistajan suosittamaa määrää, jos lisäaineiden isomman annoksen vaikutusta betonin ominaisuuksiin ei tiedetä. Jos kilossa sementtiä lisäainemäärä on vähemmän kuin 2 grammaa, voidaan sitä käyttää ainoastaan liuottamalla se betonin valmistusvaiheessa käytettävään veteen. Nestemäisten lisäaineiden määrän ollessa enemmän kuin 3 litraa kuutiometrille betonia, on vesimäärä otettava huomioon, kun lasketaan betonin vesi-sementtisuhdetta. [5, s. 100.]

Betonin tulee kestää lentokenttäalueella käytettäviä kemiallisia aineita, eli kaliumasetaatteja ja kaliumformiaatteja, joiden pitoisuus on 50 %, glykolia, jota käytetään lentokoneen

siipien jäänestoaineena, sulfaatteja kohtalaisen aggressiivisena, kerosiinia, jota käytetään suihkumootoreiden polttoaineena, hydraulioöljyä ja moottoriöljyä. [4, s.18.]

Lentoaseman betonirakenteille on asetettu useita toleransseja, betonilaatan anturoilla näitä ovat ennen betonointia muotin sijainnin poikkeama vaakatasossa, joka saa olla suunnitellusta ± 20 mm, mittausmenetelmänä toimii takymetri. Yhdensuuntaisten terästen keskinäinen etäisyys saa poiketa suunnitellusta ± 10 mm, joita työnjohto valvoo mittanauhan avulla. Terästen jatkospituuksien on oltava vähintään 800 mm ja ne saavat poiketa 20 mm alle suunnitellun, työnjohto tarkastelee asiaa mittanauhalla ja silmämääräisesti. Muotit eivät saa liikkua betonoitaessa ja tätä valvotaan silmämääräisesti. Valmiin anturan sijainti vaakatasossa takymetrillä mitaten saa poiketa ± 20 mm sekä valmiin anturan yläpinnan korkeusasema takymetrillä mitaten ± 10 mm. [8]

| 21430.1 Anturat | | | | | | |
|--|--------------------------------------|---|----------------|--------------------------|---|------------|
| LAATUTEKIJÄ | VAATIMUS / TOLERANSSI | MITTAUS-MENETELMÄ | MITTAUS-TIHEYD | DOKUMENTTI | MITTAUKSEN SUORITTAJA | Hyv.tot. % |
| Tarkastettu rakenne ennen betonointia | | Määrittely alla olevien laatutekijöiden mukaan | | Tarkastusraportti | Työnjohto / työmaa-asiantuntija | 100 |
| Muotin sijainti vaakatasossa | ± 20 mm | Takymetri | kulmat | Mittaustulokset | Mittaryhmä | 100 |
| Yhdensuuntaisten terästen keskinäinen etäisyys | ± 10 mm | Mittanauha | x | Tark.raportti | Työnjohto | 100 |
| Terästen jatkospituus | ≤ 20 mm alle suunnitellun | Silmämääräinen | x | Tark.raportti | Työnjohto | 100 |
| Muotin tarkkailu | Muotit eivät saa liikkua valettaessa | Silmämääräinen | x | - | Työnjohto | 100 |
| Valmis antura, sijainti vaakatasossa | ± 20 mm | Takymetri | kulmat | Tarkepiirustus | Mittaryhmä | 85 |
| Valmis antura, yläpinnan korkeusasema | ± 10 mm | Takymetri | 4 m | Tarkepiirustus | Mittaryhmä | 85 |
| Betonin laatu | Puristuslujuus | Koekappale | | Tark.raportti | Betoniasema / Ulkopuolinen testauslaitos | 100 |

Taulukko 1. Esimerkki anturan laadunvarmistustoimenpiteistä ja toleransseista

Muita vaatimuksia ovat betonilaatan anturan terästen suojaetäisyydet maanpinnasta 50 mm ja muuten 45 mm, toleranssi ± 10 mm. Tätä valvotaan mittanauhalla. Välikkeiden riittävä määrä, maanpinnan tasaisuus ja oikea korko auttavat suojaetäisyyksien pysymistä toleranssien sallimissa rajoissa.

Betonilaatan toleransseja sen sijaan ovat raudoituksen sijainti vaakatasossa ± 20 mm ja yhdensuuntaisten terästen keskinäinen etäisyys ± 10 mm, nämä varmistetaan mittanauhalla apuna käyttäen. Terästen jatkospituuksia valvotaan silmämääräisesti, ne saavat olla 20 mm alle suunnitellun. Terästen sijaintipoikkeaman toleranssiksi poikkileikkauksen pienemmässä suunnassa sallitaan ± 5 mm ja suuremmassa suunnassa ± 20 mm. Muotin sijainti vaakatasossa saa poiketa suunnitellusta ± 20 mm ja tämä varmennetaan takymetrin avulla. Muotit eivät saa taipua betonoinnin aikana ja tätä valvotaan silmämääräisesti. Valmiin laatan toleranssi sijainnille vaakatasossa on ± 20 mm ja yläpinnan korkeusasemalle ± 10 mm ja nämä varmennetaan takymetrillä. Laatan betonipeitteen paksuuden pitää olla 45 mm, toleranssina ± 10 mm. [10]

| 21430.2 Betonilaatta | | | | | | |
|--|--------------------------------|--|---|--------------------------------|--|------------|
| LAATUTEKIJÄ | VAATIMUS / TOLERANSSI | MITTAUS-MENETELMÄ | MITTAUS-TIHEYYS | DOKUMENTTI | MITTAUKSEN SUORITTAJA | Hyv.tot. % |
| Valmis rakenne | | Lausunto alla olevien (harmaat) laatutekijöiden perusteella | | Suunnittelijan lausunto | Suunnittelija | 100 |
| Raudoituksen sijainti vaakatasossa | ± 20 mm | Mittanauha | | Tark.raportti | Työnjohto / Suunnittelija | - |
| Yhdensuuntaisten terästen keskinäinen etäisyys | ± 10 mm | Mittanauha | | Tark.raportti | Työnjohto / Suunnittelija | - |
| Terästen jatkospituus | ≤ 20 mm alle suunnitellun | Silmämääräinen | | Tark.raportti | Työnjohto / Suunnittelija | - |
| Betonin laatu | Puristuslujuus | Koekappale | | Tark.raportti | Betoniasema / Ulkopuolinen testauslaitos | - |
| Muotin sijainti vaakatasossa | ± 20 mm | Takymetri | | Mittaustulokset | Mittaryhmä | - |
| Muotin tarkkailu | Sivumuotit eivät saa taipua | Silmämääräinen | | | Työnjohto | - |
| Betonipeitteen paksuus | 45mm ± 10 mm | Profometri | | Profometriraportti | Työnjohto / työmaa-asiantuntija | - |
| Valmis laatta, sijainti vaakatasossa | ± 20 mm | Takymetri | Kulmat | Tarkepiirustus | Mittaryhmä | 95 |
| Valmis laatta, yläpinnan korkeusasema | ± 10 mm | Takymetri | 1 / ruutu (6.5m x 9.3m) | Tarkepiirustus | Mittaryhmä | 95 |
| Betonilaatan tasaisuus | 4 mm | Oikolauta 4 m mittaus | 16mittausta / ruutu, 4 mittausta / ruudun sivu | Tarkeraportti | Työnjohto / työmaa-asiantuntija | 95 |

Taulukko 2. Esimerkki betonilaatan laadunvarmistustoimenpiteistä ja toleransseista

Raudoitteet pitää tukea ja sitoa paikoilleen käyttäen apuna hyväksyttäviä tukia ja välikkeitä, ne eivät saa siirtyä pois paikoiltaan työn aikana, saati taipua haitallisessa määrin. Työteräksiä, erillisiä tukia ja välikkeitä käyttämällä varmistetaan raudoituksen aseman ja etäisyyden suunnitelmanmukaisuus. Välikkeitä laitetaan niin tiheästi, että teräksien

suunnitelmienmukaiset sijainnit ja korkeus varmistuvat ja etteivät välikkeet murru tai painu kasaan. Välikkeiden on vastattava betonin suojaetäisyyttä teräkselle, eli 45 mm ja välikkeiden täytyy olla sellaisia, ettei niiden kohdalle synny onteloita. [4, s. 22]

Terästen suojaetäisyyksien tarkoitus on, että betonia on riittävästi terästen ympärillä. Tällä varmistetaan se, että betonin suunniteltu käyttöikä saavutetaan. Betoni suojaa teräksiä sen korkeasta alkalisuudesta johtuen. Tämä estää sen, etteivät teräkset altistu korroosiolle. Jos terästen ympärillä oleva betoni karbonatisoituu, on korroosio mahdollista. Kloridien tunkeutuminen betoniin on toinen vaihtoehto, milloin korroosiota voi tapahtua. Korroosiolle tarkoitetaan teräksen ruostumista, eli hapettumista ympäristön vaikutuksesta. Yksi yleinen keino ennaltaehkäistä terästen korroosiota on sinkin käyttäminen pinnoitemateriaalina. [9]

Kun ilman hiilidioksidi ja betoni reagoivat keskenään, betonin emäksisyys laskee. Tätä tarkoittaa betonin karbonatisoituminen, eli neutraloituminen. Karbonatisoituminen lähtee liikkeelle betonin pinnasta edeten hitaasti vuosien kuluessa syvemmälle betoniin. Karbonatisoitumisnopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat betonin kosteus ja suurin vaikuttava tekijä on betonin tiiviys. Kosteaa betonia karbonatisoituu huomattavasti hitaammin ja tiivis betoni estää hiilidioksidin pääsemistä betoniin. [9]

Ennen rakenteen betonointia kyseisen rakenteen valmis rauditus hyväksytetään rauditustarkastuksen avulla, jossa ovat mukana suunnittelija ja työnjohto. Jos raudituksesta löytyy virheitä, ne pitää korjata ennen rakenteen betonointia. Rauditustarkastuksessa käydään läpi ja tarkistetaan koko raudoitettu rakenne ja siinä kiinnitetään huomiota muun muassa raudotteiden lukumäärään, etäisyyksiin, peitepaksuuksiin, muotteihin, tuentaan, sijaintiin, rakenteen puhtauteen ja varusteluosiin kuten saumatappeihin, lämmityspotkiin, sekä konepaikan betonilaattaan sijoittuvien kaivojen detaljeihin ja niiden toteutukseen. Rauditustarkastuksesta laaditaan pöytäkirja, joka osoittaa raudituksen kelpoisuuden [Liite 2]. [4, s. 22]



Kuva 5. Betonilaatan alimmaisen raudoitusverkon alle tuleva välike

Kuvassa 5 on harmaa välike, joka tulee betonilaatan alimmaisen raudoitusverkon alle, tuote tunnetaan myös nimellä kisko. Välikkeitä laitetaan alemman teräsverkon alle riittävän tiheästi. Välikkeiden tarkoituksena saada raudat irti pohjasta, jotta suojaetäisyydet täyttyvät. Välikemalleja ja kokoja on useita erilaisia.

Kuten aiemmin jo todettiin, laatan betonipeitteen paksuus, eli raudoituksen etäisyys laatan pinnasta täytyy olla 45 mm ja toleranssina ± 10 mm. Suojaetäisyydet varmennetaan betonoinnin jälkeen betonin kovetettua profometrin avulla. Profometri on betonipeitemittari, joka on nopea ja tarkka työkalu valetun rakenteen raudoituksen paikantamiseen sekä betonipeitteen ja harjaterästen halkaisijan koon selvittämiseen. Laadunvarmistuksen lisäksi profometriä voidaan käyttää apuna tuntemattomien rakenteiden tutkimuksiin ja korroosioanalyysiin. Peitemittari hyödyntää sähkömagneettista pulssi-induktio teknologiaa raudoitteen havaitsemiseen. [9]

Liikuntasaumoihin sahattu valmis betonilaatta jakaantuu useisiin ruutuihin. Ruudut helpottavat myös laadunvarmistusmittauksia, kun mitataan laatan tasaisuutta, saumoja tai betonipeitteen paksuutta. Betonipeitteen paksuus varmistetaan ja mittaaminen suoritetaan profometrillä niin, että kaikista ruuduista otetaan kolme mittausta. Helpoiten tämä tapahtuu liikkumalla poikittais- tai pituussuunnassa laatan päällä, jolloin laatta voidaan jakaa riveihin ruutujen avulla. Tällä tavalla koko laatan raudoitukset saadaan tutkittua mahdollisimman tarkasti ja asianmukainen terästen suojaetäisyys saadaan varmistettua.

Näiden suoritettujen mittausten tuloksista laaditaan mittausdokumentti, toleranssien alit-
tuessa tehdään myös poikkeamaraportti.

Valmiin betonilaatan tasaisuudelle on asetettu myöskin korkealuokkaiset toleranssit. Suurin sallittu laatan epätasaisuus 4 metrin oikolaudalla mitattuna on 4 mm, eikä vesi saa kerääntyä laatalle synnyttäen lammikoita. Laatan jokaisesta ruudusta otetaan jokai-
selta sivulta 4 mittausta, eli 16 mittausta jokaisesta ruudusta. Laatan ruudut eivät saa porrastaa toisiinsa nähden, sillä se saattaa aiheuttaa ongelmia lentoaseman kunnossa-
pitolaitteistoille, esimerkiksi talvisin, kun lunta aurataan pois, voi aura osua betonilaat-
taan ja laatta vaurioitua, jos laatta porrastaa ja on epätasainen. Myös asfalttipinnan ja
betonilaatan välinen tasaisuus mitataan oikolaudalla samoja toleransseja noudattaen,
eivätkä niiden rajapinnat saa myöskään porrastaa.

Alla olevassa taulukossa on esitelty mittaustiheyksiä ja -menetelmiä sekä toleransseja
betonilaatan saumojen syvyyksien suhteen.

| 21430.4 Laatan saumat | | | | | | |
|---|--|------------------------------------|-----------------------------|--|--|-----------|
| LAATUTEKIJÄ | VAATIMUS / TOLERA NSSI | MITTAUS- MENETELMÄ | MITTAUS- TIHEYS | DOKUMENTTI | MITTAUKSEN SUORITTAJA | Hyv.tot % |
| Märkäsahaus | syvyys min. 100 mm | Työtapatarkkailu | Jatkuva | - | Työnjohtaja | - |
| Saumamateriaali | Suunnitelman mukainen materiaali | Materiaalin tarkistus | Jokainen toimituserä | Materiaalien vastaanottora- portti, materiaalitiedot ja -sertifikaatit | Työnjohtaja | - |
| Sahatun sauman syvyys (Betoni-asfaltti, Mageba) | min 60 mm | 60mm sabluna | 3 mittausta/ ruudun sivu | Sahaussauma n itselleluovutu spöytäkirja | Työnjohto / työmaa- asiantuntija | 100 |
| Sahatun sauman leveys (Betoni-asfaltti, Mageba) | 22 mm (-0/+2mm) | Työntömitta | 3 mittausta/ ruudun sivu | Sahaussauma n itselleluovutu spöytäkirja | Työnjohto / työmaa- asiantuntija | 100 |
| Sahatun sauman syvyys (Betoni-betoni, Saba) | min. 55 mm pituussuuntainen min. 60 mm poikkisuuntainen | 55mm sabluna 60mm sabluna | 3 mittausta/ ruudun sivu | Sahaussauma n itselleluovutu spöytäkirja | Työnjohto / työmaa- asiantuntija | 100 |
| Sahatun sauman leveys (Betoni-betoni, Saba) | min. 22 mm (-0/+3mm) pituussuuntainen min. 28 mm (-0/+3mm) poikkisuuntainen | Työntömitta | 3 mittausta/ ruudun sivu | Sahaussauma n itselleluovutu spöytäkirja | Työnjohto / työmaa- asiantuntija | 100 |
| Saba-massan tasaisuus ja tiiveys | tasaisuus viisteen alareunasta +0/-3mm | Silmämääräinen | Jokainen sauma | Itselleluovutus- pöytäkirja | Työnjohto / työmaa- asiantuntija | - |
| Mageba-saumanauhan tasaisuus ja tiiveys | tasaisuus viisteen alareunasta +0/-2mm | Silmämääräinen | Jokainen sauma | Itselleluovutus- pöytäkirja | Työnjohto / työmaa- asiantuntija | - |

Taulukko 3. Esimerkki betonilaatan saumojen laadunvarmistustoimenpiteistä ja toleransseista

4.2 Ilmamäärämittaukset betonimassasta

Pakkasenkestävyysominaisuuksia betonissa pyritään parantamaan valmistusvaiheessa lisäämällä ilmamäärää hallitusti ja tarkoituksenmukaisesti huokostin lisäaineella. Huokostin lisäaine mahdollistaa pienten ilmakuplien muodostumisen betoniin. Veden jäätyessä vesi pääsee laajenemaan betonin huokosiin, jolloin mikrohalkeilua ja vaurioita ei synny. Betonia on huokostettu pakkaskestävyyden parantamiseksi ulkomailla jo 1930-luvulta lähtien. Suomeen huokostaminen saapui muutamaa vuosikymmentä myöhemmin, ja varsinainen tarkoituksellinen käyttö alkoi 1970-luvulla. [7]

Ennen ensimmäisten betonikuormien valamista muottiin, kyseisistä kuormista mitataan betonin ilmamäärä. Näin varmistetaan, että betonimassa täyttää sille asetetut vaatimukset ilmamäärien suhteen. Tämän jälkeen ilmoja mitataan satunnaisesti kuormista pistokokein. Tuoreesta, vasta valmistetusta betonimassasta otetuilla ilmamäärämittauksilla voidaan varmentaa ilmahuokosten määrä betonimassassa. Tulokset ilmoitetaan prosentteina yhden desimaalin tarkkuudella.

Ilmamäärämittauksissa käytetään laitteistoa, jonka säiliö täytetään tuoreella tutkittavalla betonilla. Laitteiston toiminta perustuu Boylen lakiin ja ilman kokoonpuristuvuuteen. Kun laitetta käytetään, sen säiliö täytetään betonilla, näyte tiivistetään ja tärytetään, sitten ilman pois saamiseksi säiliöstä, loput säiliön tilavuudesta täytetään vedellä. Ilmamäärämittarin pumpulla tuotetaan testauspaine säiliöön, ja betoninäytteen ilmamäärästä riippuen paine tasaantuu pumpun ja säiliön välillä.

Betonirakenteen kelpoisuus todetaan By 50, kohdan 6 mukaan. Betonista otetaan lieriönäytteitä, jotka puristuslujuustestataan 28 vuorokauden säilömisen jälkeen. Betonin puristuslujuuden toteamista varten tehdään näytteenotto- ja testaussuunnitelma, joka on By 50 kohdan 6.3.2.3 mukainen. Näytteenotto suoritetaan EN 12350-1 mukaan ja siihen sisällytetään jokaista betonointia kohti rakennuspaikalla otettavia näytteitä kolme koekappaletta ja suuren betonoinnin, kuten betonilaattojen tapauksessa, jokaista 300 m³ kohti vähintään kolme koekappaletta. [4, s. 19.]



Kuva 6. Lentoasema-alueella käytetty ilmamäärämittari, ilmamäärät voidaan mitata laitteella vain tuoreesta betonista.

Tunnistustestauksessa betoni tunnistetaan vaatimusten mukaiseksi kun jokainen erillinen lujustestin tulos ja perättäisten tulosten keskiarvo täyttävät By 50 ehdot. [5, s.160]

5 Betonirakenteiden toteutus

5.1 Betonilaatan anturat

5.1.1 Muotti

Anturoiden muotit rakennetaan mittamiesten merkitsemien kulmapisteiden mukaisesti korkoon. Valmiin muotin mitat ja sijainti tarkastetaan ennen raudoitusta ja betonointia työryhmän ja mittamiesten toimesta. Muotin pintamateriaalina käytetään vaneria ja muotin pinta öljytään ennen raudoitusta ja betonointia. Muotti puretaan vahingoittamatta betonoitua rakennetta, kun betoni on saavuttanut purkulujuuden 15 MN/m². [3]

Muotteja voidaan kierrättää betonitoissa useita kertoja, pinnoitettu filmivaneri kestää iskuja sekä säärasitusta ja betonista aiheutuvaa kemikaalikulutusta paremmin kuin tavallinen pinnoittamaton vaneri.

Anturan korkoon voidaan vaikuttaa jo maarakennusvaiheessa, jolloin maanpinnan korko saataisiin täsmäämään mahdollisimman lähelle haluttuja lukemia. Maan jäädessä esimerkiksi pari senttiä liian korkeaksi, tulevat ongelmat raudoitusten suojaetäisyyksien kanssa eikä anturan korkokaan saa nousta, joka puolestaan vaikuttaisi myös betonilaatan korkoon.

5.1.2 Raudoitus

Työ toteutetaan raudoituksen asennussuunnitelman mukaan, jossa esitetään raudoituksen tuenta ja työteräkset. Anturan raudoitus toimitetaan työmaalle valmiina elementteinä, jotka asennetaan ja sidotaan paikalleen muottityön jälkeen. Työn aikana kiinnitetään erityistä huomiota useisiin asioihin. Välikkeitä pitää olla riittävästi, jotka kiinnitetään muottiin alumiininauloilla, työteräkset asennetaan asennussuunnitelman mukaisesti, suojaetäisyyksien pitää täytyä, terästen lukumäärän on oltava suunnitelmien mukainen, oikeat jatkospituudet, teräkset sidottuna sinkityillä sidelangoilla siten, että ne eivät pääse betonoinnin aikana liikkumaan ja rakenteen korkeus ja yläpinnan muoto oikea. [2]

Työntekijät tarkastavat muottia ja raudoitusta työn aikana sekä työn valmistuttua, työjohto laatii tarkastuksista tarkastusasiakirjan. [3]



Kuva 7. Betonilaatan anturan muotti ja rauditus hetki ennen betonointia.

5.1.3 Betonointi

Betonipumpun paikka katsotaan etukäteen ennen betonointia ja varmistetaan, että työmaalle tilataan riittävän kokoinen pumppu. Tämä on tärkeää, sillä anturarakenne on useita kymmeniä metrejä pitkä. Pumppu kannattaakin asettaa silmämääräisesti keskelle valettavaa anturaa, josta pumppu yltää helpommin siirtämään betonin molempiin anturan päihin. Lisäksi pumpun siirtäminen betonoinnin aikana toiseen paikkaan olisi aikaa vievä prosessi.

Betonointityö suoritetaan erillisen betonointisuunnitelman mukaan ja siitä laaditaan betonointipöytäkirja [Liite 1].

Työn aikana kiinnitetään huomiota seuraaviin asioihin:

- massan huolellinen tiivistys

- betonimassan työstettävyyden seuranta
- kerralla tiivistettävä betonikerros 300 mm, eli anturan korkeus
- pintojen huolellinen hierto
- jälkihoito [3]

Betoninormit By 50 2012 mukaiset betonointiohjeet määräytyvät betonin rasitusluokkien mukaan. Betonilaatan anturoiden betonin rasitusluokat ovat XC4, XD3, XF4 ja XA2, joten Betoninormit By 50 2012 betonointiohjeita seuraten betonoinnin aikana tehtävä maksimivaluputken siirto saa olla 2 metriä kerrallaan ja maksimipudotuskorkeus betonille metri. [5, s.127]

5.2 Betonilaatat

Betonipääallyste rakennetaan kantavan kerroksen murskeen päälle. Väliin laitetaan suodatinkangas N3 ja bentoniittimatto suunnitelmien mukaisesti. Lämmitettävälle alueelle asennetaan XPS-lämmöneristeet, jotka tulevat kauttaaltaan 0,5 m lämmitettävän alueen ulkopuolelle. Suodatinkankaat asennetaan lämmöneristeiden päälle kaistaleina betonin betonointisuuntaan nähden. Ennen betonoinnin aloitusta bentoniittimattoja täytyy kastella vedellä 4-8 tuntia, etteivät matot ime kosteutta betonista. Märkien bentoniittimattojen päällä tulee välttää kävelyä. Jäätäneelle alustalle betonointi on kielletty. Laatan muotit rakennetaan vanerista mittamiehen merkitsemien kulmapisteiden mukaan oikeaan korkoon. Muotit käsitellään muottiöljyllä ennen betonointia, muottiöljy estää sen, etteivät muotit tartu tiukasti betoniin kiinni betonoinnin yhteydessä. Muotit eivät saa taipua ja muotit täytyy tukea kunnolla, sillä päältä ajettava betonipinnan hiertokone kulkee osittain myös muottien päällä. [4, s.23.]

5.2.1 Muottityö

Laatan reunamuotti rakennetaan mittamiesten 3 metrin välein merkitsemien reunapisteidensä mukaisesti korkoon. Valmiin muotin mitat ja sijainti tarkastetaan ennen raudoitusta ja betonointia työryhmän ja mittamiesten toimesta. Muotin pintamateriaalina käytetään 21mm filmivaneria.

Suuret betonilaatat on kannattavaa tehdä useassa eri osassa, jos laatan koko on niin suuri, että laatan valaminen alkaa olemaan toteutuksen, tilan puutteen ja aikataulujen kannalta hankalaa. Jos tähän ratkaisuun päädytään, pitää betonoinnin suunnittelussa ottaa huomioon lämmitettävän alueen rajat, koska alue, jossa lämmitysputkistot kiertävät, on valettava yhdellä kertaa. Yhden laatan valaminen osissa vaikuttaa muottitöihin niin, että on otettava huomioon laatan saumojen kohdilla kulkevien JOCO-saumakumien jatkuminen valettavan alueen ulkopuolelle, seuraavaan betonointiosaan. Tätä varten pitää tehdä topparimuotit, joiden alapuolelta saumakumit voivat jatkua betonoitavan alueen ulkopuolelle.



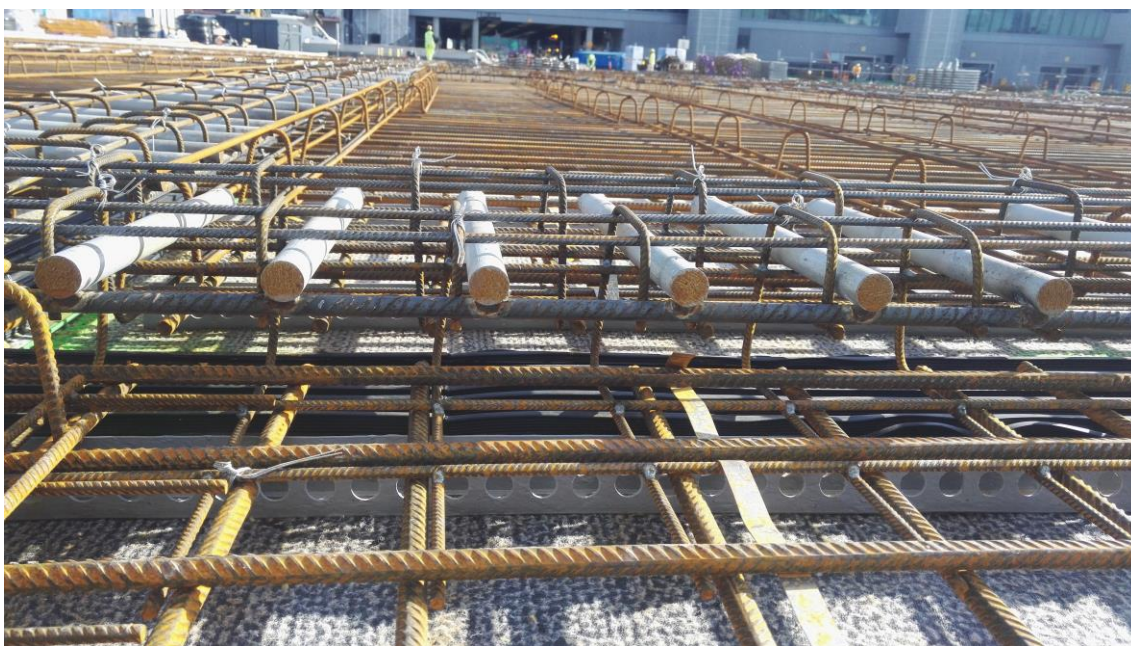
Kuva 8. Topparimuotti, alapuolelta musta JOCO-saumakumi pääsee kulkemaan toiseen betonointiosaan.

Vanerimuotit puretaan vaurioittamatta betonoitua rakennetta, kunhan betoni on saavuttanut purkulujuuden, joka on vähintään 15 MN/m². Muotit on myös hyvä säilyttää mahdollisimman ehjinä seuraavia betonointeja varten. [3]

5.2.2 Raudoitus

Kun bentoniittimatto on asennettu, voidaan raudoitustyöt aloittaa. Lämmitettävällä alueella raudoitusta edeltää myös XPS-lämmöneristelevyjen asennustyöt. Raudoitteena käytetään Bamtec-rullaraudoitetta. Hakakaistat valmistetaan tehtaalla ja asennetaan valmiina elementteinä työmaalla. Työ toteutetaan raudoituksen asennussuunnitelman mukaan, jossa esitetään raudoituksen tuenta ja työteräkset.

Raudoitustyön aikana kiinnitetään huomiota paljolti samoihin asioihin, mitä anturoidenkin raudoituksessa. Eli on oltava riittävästi välikkeitä suojaetäisyyksien täyttymiseksi, jotka kiinnitetään muottiin alumiininauloilla, työteräkset asennettuna asennussuunnitelman mukaisesti ja teräkset sidottuna sinkityillä sidelangoilla, rauditus ei saa päästä liikkumaan betonoinnin aikana, jatkospituudet, suojaetäisyydet ja terästen lukumäärät oikeat sekä oikeat rakenteen toimiva korkeus ja yläpinnan muoto. Lisäksi on varmistettava laatalle tulevien kaivojen rauditus ja korko, sekä saumatappien suoruus. Myös saumojen leveyksiin on kiinnitettävä huomiota, etteivät rauditukset ole liian lähellä toisiaan saumojen kohdalla. [3]



Kuva 9. Vaarnatappien, eli saumatappien suoruuteen pysty-, sekä vaakasuunnassa tulee kiinnittää huomiota.

Raudoituksen pohja- ja pintaverkkojen väliin asennetaan suunnitelmien mukaisesti lämmitysputkisto. Putkiston asennus vaatii paljon tilaa, kun lämmitysputket joudutaan suoristamaan ennen vetämistä suunniteltuun asemaan. Lämmitettävän alueen alapuolelle, ennen bentoniittimaton asennusta ja raudoitustöitä asennetaan XPS-lämmöneristeet. Eristeen asennus edellyttää suurta työryhmää, lisäksi on huomioitava, etteivät eristelevyt lähde lentoon tuulisella säällä, aiheuttaen FOD-vaaraa. Asennustyöhön on hyvä ottaa esimerkiksi puutavaraa ja asettaa ne väliaikaisesti painoksi jo asennettujen levyjen päälle.

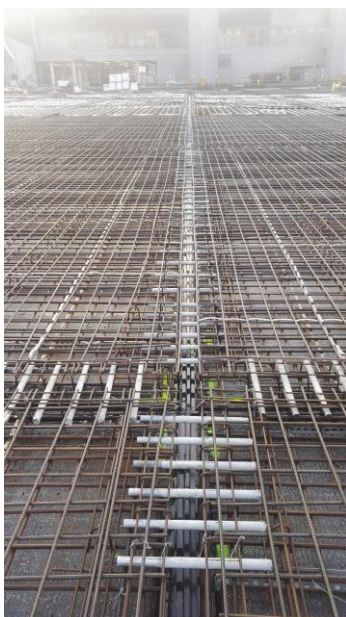
Mittamies, työnjohtajat ja työntekijät tarkistavat raudoitusta työn aikana ja työn valmistuttua, ja valmiista raudoitetusta rakenteesta laaditaan tarkastuspöytäkirja [Liite 2]. Raudoitustöissä on varmistettava, että edelliset työvaiheet on tehty ja raudoitussuunnitelma on laadittu sekä tilaajalla hyväksytetty. Raudoitussuunnitelman tulee täyttää suunnitelmissa ja By 50 kohdissa 4.2.3 ja 4.2.7 esitetyt vaatimukset sekä terästen sijainnin tulee täyttää rakenneluokan 1 vaatimukset By 50 mukaan. [4, s.21]

Terästen ja raudoitteiden käsittelyyn kiinnitetään koko ajan huomioita, ne eivät saa päästä vaurioitumaan kuljetuksen, varastoinnin tai työn aikana. Ahtaissa työmaaolo-suhteissa voi olla joskus hankalaa löytää riittävästi varastotilaa pitkille raudoituksille ja rulla-verkoille. Tällöin raudoitteet voidaan myös varastoida jo valetun kovettuneen laatan päälle. Laatta pitää kuitenkin suojata raudoista tippuvalta lialta ja ruosteelta esimerkiksi muovisella alustalla.

Raudoitteet sidotaan sinkityillä sidelangoilla niin, etteivät ne liiku betonoinnin aikana. Lämmitysputket asennetaan ja sidotaan raudoituksen pohjaverkkoon, kuitenkin niin, että raudoitettu rakenne ei pääse liikkumaan lämmitysputkien korkean lämpölaajenemiskertoimen ja vetolujuuden takia. Lämmitysputkien asennustyö vaatii suuren tilan, koska putket joudutaan vetämään suoraksi ennen kuin ne päästään asentamaan rakenteen sisälle. Tämä voi olla haastavaa ahtaissa työmaaolosuhteissa. Putket eivät saa liikkua betonoinnin aikana. [4, s.21]

Raudoitettu rakenne tuetaan suunnitelmien mukaisesti ja asennustyössä käytetään välikkeitä riittävästi, niin että suunnitelman mukainen korkeus ja asema täsmää. Kun

raudoitustyö on valmis, suoritetaan raudoitustarkastus ja tästä laaditaan jo edellä mainittu raudoitustarkastuspöytäkirja. [Liite 2]. [4, s.21.]



Kuva 10. Raudoitettua laatan pintaverkkoa sekä saumatapit, joiden alla kulkee JOCO-sauma-kumi.

5.2.3 Betonointi

Ennen betonoinnin aloittamista rakennesuunnittelija tarkastaa, että tarvittavat varusteet ja laitteet on asennettu ja täyttää raudoitustarkastuspöytäkirjan [Liite 2]. Betonointityö suoritetaan erillisen betonointisuunnitelman mukaan ja siitä laaditaan betonointipöytäkirja [Liite 1].

Jokaista betonointia varten laaditaan betonointisuunnitelma. Suunnitelma tarkastetaan ja sitä voidaan tarkentaa ennen rakenteen betonointia. Betonointisuunnitelmasta käy ilmi esimerkiksi betonointimenetelmä, aikataulut, betonimenekki, betonointinopeus, työnjohto, häiriötilanteisiin varautuminen, jälkihoito, muottien purku ja perustiedot betonista ja sen ominaisuuksista. [5, s. 123]

Betonirakenteen alle tulevia bentoniittimattoja kastellaan 4-8 tuntia puhtaalla vedellä ennen betonoinnin aloitusta, etteivät bentoniittimatot ime kosteutta betonimassasta. Määrällä bentoniittimatolla tulee välttää turhaa kävelyä.

Betonointityön aikana kiinnitetään huomiota massan huolelliseen tiivistykseen, kerralla tiivistettävän massan paksuuteen, betonimassan työstettävyyden seurantaan, varhaisjälkihoitoon, pintojen huolelliseen hiertoon sekä jälkihoitoon. Yötyönä toteutettavissa betonoinneissa, on huolehdittava työkohteen valaistuksesta. [3]

Laatta valetaan kokonaan valmiiksi yhdessä osassa, on siis tärkeää pyrkiä suorittamaan jokainen työvaihe ongelmitta ja mahdollisiin ongelmatilanteisiin on varauduttava esimerkiksi varakalustolla, koska taukoihin ei ole mahdollisuutta. Betoni kuljetetaan betoniasemilta työmaalle sekoitin pyörintäsäiliö autoilla, jotta kuljetuksen aikana vältetään haitalliselta betonimassan sitoutumiselta ja erottumiselta. Betonointinopeutena on noin 70-140 m³/h riippuen laatan koosta ja pumppujen määrästä. Betonointinopeus pitää ottaa huomioon, kun työmaalle tullessa ylitetään lentokentän rullaustie, vilkkaimpien ruuhkien aikaan betonisäiliöautot saattavat joutua odottamaan pitkiä aikoja ennen betonointipaikalle pääsemistä rullaustien toisessa päässä, tämän takia on suositeltavaa betonoida suuret rakenteet yöaikaan, jolloin lentokentällä on muuta ruuhkaa, esimerkiksi lentokoneliikennettä huomattavasti vähemmän. [4, s.22]

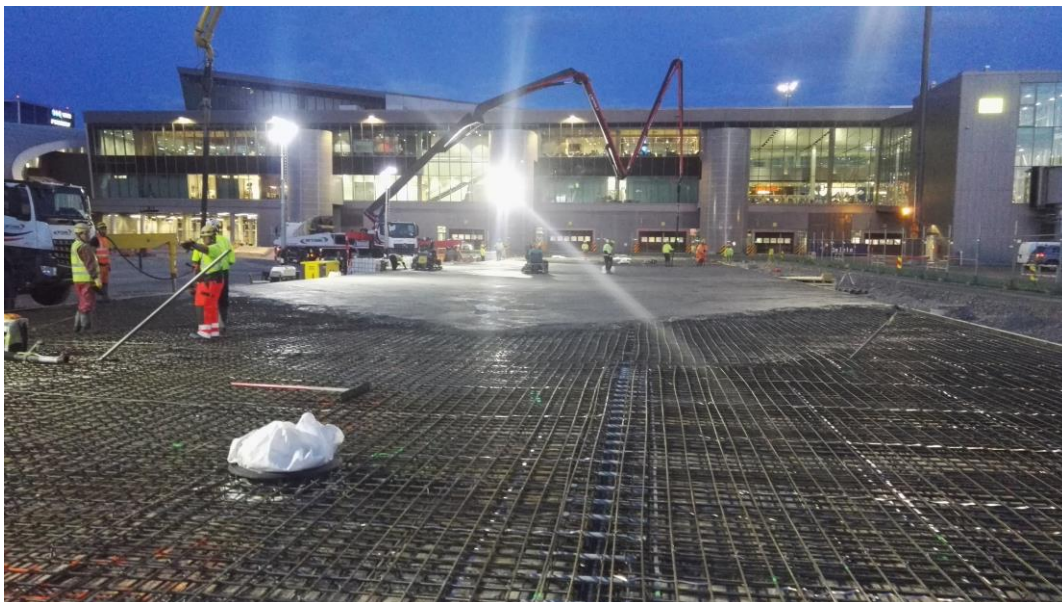
Betonilaattojen rasitusluokat ovat XC4, XD3, XF4 ja XA2, joten Betoninormit By 50 2012 mukaan betonoinnin aikana tehtävä maksimi valuputken siirto saa olla 2 metriä kerrallaan ja maksimi pudotuskorkeus betonille 1 metri. Nämä eivät eroa mitenkään betonilaatan anturoista. [5, s.127]

Lämpötila-antureilla seurataan betonoinnin aikana betonin lujuuden ja lämpötilan kehittymistä tarkasti. Sähkökatkot ja betonointikaluston mahdolliset rikkoontumiset betonoinnin aikana pitää ottaa huomioon myös ja niihin pitää varautua. Varautuminen sähkökatkoihin tapahtuu vara-aggregaatilla ja kaluston ongelmiin betonoinnin aikana varaudutaan betonoinnin varakalustolla. Betonointisuunnitelmassa on osoitettu betoniasemat, joista betoni toimitetaan työmaalle sekä betonin vara-asema, jolla varaudutaan katkoihin betonin toimituksessa, jos muilla betoniasemilla sattuu ongelmia. Vara-aseman pitäminen varalla turvaa sen, ettei betonoinnin aikana tule betonoinnille haitallisia katkoja. Kylmällä

säällä täytyy lisäksi varautua ja valvoa veden ja runkoaineen sekä alusrakenteen lämmitystä. [3.]

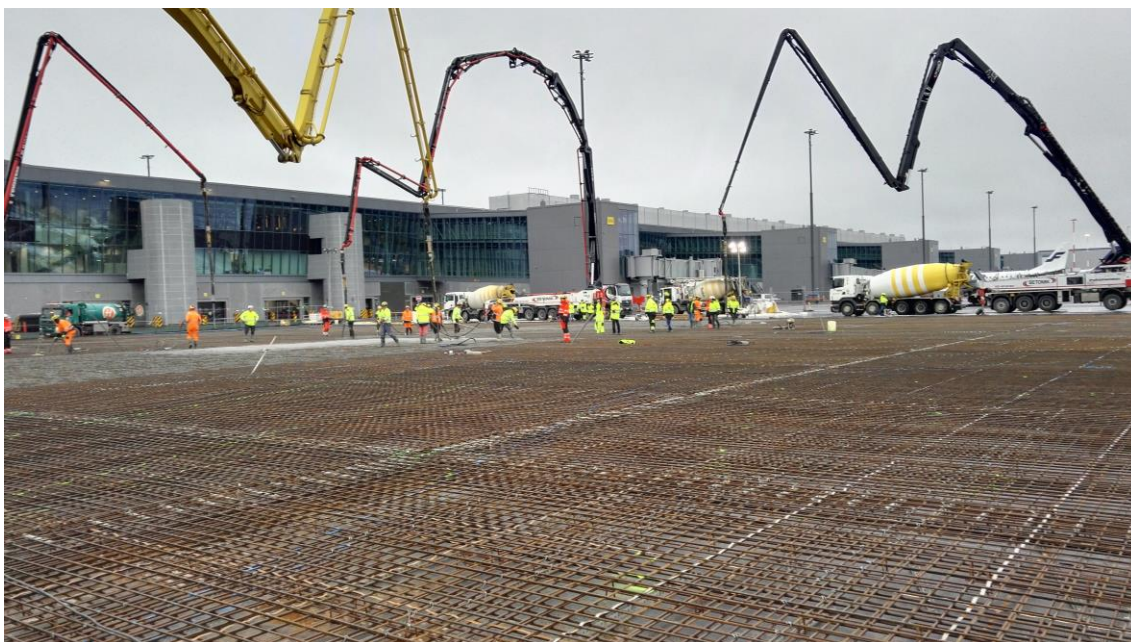
Betonin valaminen muottiin ja pumppaaminen toteutetaan edeten laatan molempiin päihin laatan keskiosasta aloittaen. Jokaisen pumpun päässä on oma työryhmä, joka vastaanottaa betonin pumpusta ja hoitaa betonin tiivistämisen. Isojen laattojen, noin 4000 m² ja sitä isompien laattojen betonoinneissa pumppuja on käytössä neljä kappaletta, ja pienemmissä noin 2300 m² laatoissa pumppuja on kaksi kappaletta. Työnjohdon tehtävä on ohjata betonikuormat tasaisesti pumpuille seuraten työryhmien edistymistä pumppujen päissä, jotta laatan pinta valmistuu samaa tahtia eikä yksikään työryhmä pääse ”karakaamaan”. Pinnan valmistuminen työryhmissä samaan aikaan on tärkeää, koska tällöin myös pinta kuivuu ja kovettuu suurin piirtein samaa vauhtia. Tämä helpottaa pinnan hiekkamista ja laatan sahaamista.

Betonimassa tiivistetään huolellisesti suurtaajuussauvoilla kahdessa kerroksessa. Betonoinnin aikana pitää huolehtia hyvästä tiivistyksestä, että betoniin ei muodostu onteloita tiiviisti raudoitettun ja runsaasti lämmitysputkia sisältävän rakenteen sisälle. Betonoinnissa pitää kiinnittää erityistä huomiota siihen, ettei saumatappien asento muutu ja että betonimassa tiivistetään kauttaaltaan. Muotteihin mittamiehen merkkamien korkojen avulla pinnat tasataan korkoonsa ja niitä seurataan kahdella laserilla. [3]



Kuva 11. Lämmittämättömän laatan betonointi käynnissä.

Lämmitetyn ja lämmittämättömän laatan betonoinneissa ei ole suuria eroja. Lämmitetyn laatan alueella työskenneltäessä on varottava lämmitysputkia, jotka kiertävät laattaa.



Kuva 12. Lämmitetyn alueen betonointi käynnissä

Yllä olevassa kuvassa lämmitetyn betonilaatan betonityöt käynnissä, kyseessä on suuremman 5000 m² kokoisen alueen betonointi, joten käytössä on 4 pumppua. Betonoinnin aloitus kuvanmukaisesti laatan keskeltä, reunoja päin edeten.

5.2.4 Betonipinta ja jälkihoito

Betonoidut betonipinnat suojataan kuivumiselta esimerkiksi kastelemalla ja tarvittaessa lämpösuojataan lämpötilaerojen kurissapitämiseksi siten, että betonin lujuudenkehitys on suunnitelmien mukaista ja näin vältetään betonipinnan halkeilu.

Betonoinnin aikana betonipintaan levitetään kosteuden haihtumisen estävä välihoitoaine. Sitoutumisen alettua ja kun betonin pintaan erottuva vesi on poistunut, tehdään koneellinen puuhierto ennalta erikseen määriteltyn ja sovittuun karkeustasoon. Betonin tiivistämisen ja plastisen painumisen myötä betonin pintaan kohoaa vettä ja sementtiliimaa. Tämän takia betonin pinnan ominaisuudet voivat poiketa rakenteen muusta betonista. Pinnan hiertämisen tarkoitus on tiivistää ja homogenisoida pintakerrosta. Hiertotyössä on varottava raudituksen yläpinnan rasittamista, ettei raudoitukseen synny

taipumia, jotka voivat erottaa raudoitusta betonista, joka taas vähentää raudoituksen ja betonin välistä tartuntaa ja rakenteen säilyvyyttä. [5, s.127]



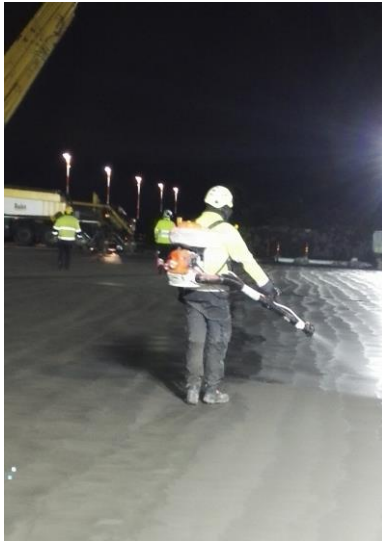
Kuva 13. Betonilaatan pinnan hiertäminen koneellisesti

Yllä olevassa kuvassa hiertotyö tapahtuu päältä ajettavalla koneella. Hiertotyö voidaan tehdä myös käsikäyttöisellä koneella, mutta betonilaattojen suuren koon takia päältä ajettavat koneet ovat järkevämpi valinta. Hiertotyö on tärkeä tekijä betonipinnan laadun kannalta, se vaikuttaa lisäksi ulkonäöllisiin asioihin, kuten myös laatan tasaisuuteen ja kulutuskestävyyteen. Laattaa ei saa alkaa hiertämään turhan aikaisin, sopivin ajankohta hiertotyön aloittamiselle on, kun betonista erottunut vesi on poistunut pinnalta. Laattoja ei hierretä sileiksi, sillä se voi synnyttää liukkautta. [6, s. 163]

Halutun hiertojäljen saamiseksi ei ole määritelty eksaktia hiertomäärää. Hiertotyön määrä riippuu useista asioista, esimerkiksi käytössä olevasta laitteistosta, halutusta betonipinnan laadusta, betonimassasta, olosuhteista ja hiertotyön aloitusajankohdasta. Hiertojälkeä tarkkaillaan siis silmämääräisesti työn aikana. Pintojen hiertämisen jälkeen levitetään vielä jälkihoitoaine. [6, s. 164]

Jälkihoitoaine estää veden haihtumisen niin, että 72 tunnin aikana haihtuva vesimäärä on pienempi kuin 550g/m^2 . Pintojen märkäjälkihoito aloitetaan heti märkäsahauksen jälkeen eli laatta peitetään kankaalla ja kastellaan lämpötilaerojen tasaamiseksi. Tätä

märkäjälkihoitoa jatketaan vähintään 14 vuorokauden verran, kovettumisolosuhteet huomioon ottaen. [4, s. 23]



Kuva 14. Jälkihoitoaineen levitys valmiille betonipinnalle.

5.2.5 Betonilaattojen kaivot

Betonilaatalle tulevat kaivot tarkistetaan mittamiehen kanssa ja kaivon kansi asennetaan kierretappeja apuna käyttäen oikeaan korkoon. Bentoniittimattoon leikataan reikä, josta kaivo tulee läpi, tämän jälkeen kaivon ja bentoniittimaton väliin laitetaan bentoniittijauhetta, jolla varmistetaan, että rakenteeseen ei jää ylimääräisiä aukkoja vaan pohja on kauttaaltaan tiivis. Rauditus kiertää kaivon ympäri ja raudituspuusit päättyvät kaivon kannen alapuolelle. Kaivon kannen alle tulevat betoniset korokerenkaat täytyy asentaa paikalleen ja varmistaa, että kaivon kannen ja viimeisimmän korokerenkaan väliin jää vielä tarpeeksi tilaa rauditukselle. Kaivojen rauditus tarkistetaan yhdessä suunnittelijan kanssa raudoitustarkastuksen yhteydessä.



Kuva 15. Ympäriältä raudoitettu betonilaatalle tuleva kaivo ennen yläverkon raudoitusta ja betonointia.

Ennen betonointia kaivot suojataan varotoimenpiteenä esimerkiksi suodatinkankaalla, jottei kaivoihin pääse betonia. Kankaasta leikataan riittävän iso pala, joka laitetaan kaivon kannen alle, ja taitetaan ylöspäin pussimaiseen muotoon.

5.2.6 Betonilaattojen saumat

Märkäsahauksena tehtävät kutistumissaumat sahataan auki heti kun betonilaatta kestää painavan sahan painon eikä sahaus vahingoita saumojen reunoja. On tärkeää sahata saumat auki mahdollisimman nopeasti kuitenkin olosuhteet huomioon ottaen, ettei betonin kuivumisesta johtuva kutistuminen ehdi aiheuttaa halkeilua. Kutistumasaumojen tarkoitus on siis estää betonin hallitsematon halkeilu. Normaalisti sahaaminen tapahtuu 5-15 tuntia betonoinnin jälkeen, jolloin betoni on kovettunut tarpeeksi, mutta kuitenkin yleensä viimeistään betonoinnin jälkeen seuraavana päivänä. [4, s. 23]

Kun betonoidun betoninlaatan päällä kestää kävellä jättämättä jälkiä, mittamies merkitsee saumojen risteyskohtiin merkit, jotta sahaus tapahtuu varmasti oikeasta kohtaa. Sahauksen aikana kiinnitetään erityistä huomiota saumojen suoruuteen, eli sahattavien saumojen tulee olla kauttaaltaan laatan linjan poikki kohtisuorassa. Heti betonoinnin jälkeen sahatun kutistumasauman syvyyden tulee olla 100 mm. Saumojen kohdilla olevia saumatappeja ei saa vahingoittaa.



Kuva 16. Mittamiehen tekemä merkki sahaustöiden helpottamiseksi.

Kun sauman avarrussyvyydellä on tapahtunut betonin hydrataatio, voidaan aloittaa betonilaatan saumoihin saumausmassan asennus. Saumausmassan asennusta ei saa häiritä betonin kosteus ja lujuus. Sauman yläosa avarretaan, 55-60 mm syvyyteen. Saumausmassassa asennetaan saumojen reunoihin liimausaineen avulla, joten on tärkeää, että sauma on kauttaaltaan kuiva ja puhdas. Saumausura kuivataan ja puhdistetaan roskasta kuumailmapaine puhaltimen avulla. Myös nestekaasupoltinta voidaan käyttää varovasti apuna kuivaamaan saumoja. Saumausmassan asennusta ei siis voi tehdä kostealla säällä. Saumaan asennetaan pohjanauha ja Saba sealer field saumausmassa. Massan yläpinnan sijainti tulee olla $+0 / -3$ mm viisteen alareunasta. [4, s. 24]



Kuva 17. Betonilaatan kutistumasauman risteyskohta

Kutistumasauman yläosaan sahataan myöhemmin myös avarrusura, samaa periaatetta noudattaen. Saumaurat sahataan poikkisuuntaan 60 mm syviksi ja 28 mm leveiksi, pituussuuntaan 55 mm syviksi ja 22 mm leveiksi. Laatan saumojen reunoihin hiottavien viisteiden on oltava vähintään 7 mm x 7 mm. Lopuksi asennetaan saumamassa. Saumojen sahaukseen ja saumausmassan asennukseen on molempiin oma työryhmänsä. [4, s. 24]

5.3 Matkustajasillan perustukset

5.3.1 Muotti

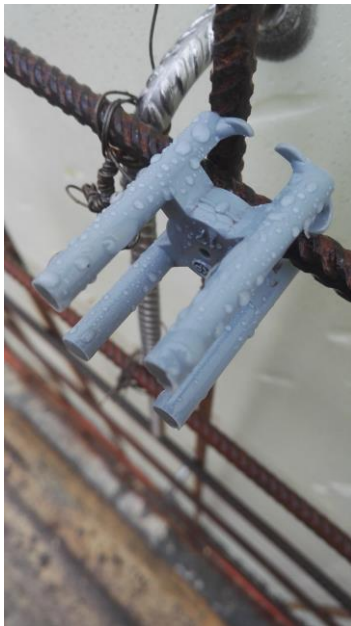
Matkustajasillan anturamuotin materiaalina käytetään muottielementtejä, nämä nopeuttavat muottityötä huomattavasti. Sokkeleissa muottimateriaalina käytetään 18 mm öljytyä vaneria ja koolauksena 50 mm x 100 mm puutavaraa, puumuottien käyttäminen on hitaampaa verrattuna valmiisiin elementtimuotteihin, mutta näillä saadaan juuri halutunlaisia muotteja, jotka helpottavat esimerkiksi betonointi- ja raudoitustöitä.

Muotit rakennetaan mittamiesten merkitsemien kulmapisteiden mukaisiin paikkoihin. Muotit tuetaan pönkkämällä ja surrataan 10 mm alumiinipyörötangoin ja lukoin, jakovälinä 500-600 mm. Ennen raudoitusta ja betonointia työryhmä ja mittamiehet tarkistavat,

että valmiin muotin sijainti ja nimellismitat ovat toleranssien sisällä. Kun betoni on saavuttanut purkulujuuden, muotti puretaan vahingoittamatta betonoitua rakennetta.

5.3.2 Raudoitus

Raudoituksen asennussuunnitelmassa esitetään raudoituksen tuenta ja työteräkset. Työ toteutetaan tämän asennussuunnitelman mukaisesti. Työn aikana kiinnitetään huomiota välikkeiden riittävään määrään, välikkeet kiinnitetään muottiin alumiininauloilla, työterästen asennussuunnitelman mukaiseen asennukseen, suojaetäisyyksiin, terästen lukumäärään, terästen tukemiseen ja sidontaan, ettei rakenne pääse betonoinnin aikana liikkumaan ja oikea mittaisiin jakoväleihin ja jatkospituuksiin. Lisäksi pidetään huoli, että rakenteen korkeus on suunnitelmien mukainen ja yläpinnan muoto on oikea. [3]



Kuva 18. Välike eli "korppu" kiinni raudoituksessa, tällä varmistetaan raudoituksen suojaetäisyys muotista betonoinnin aikana.

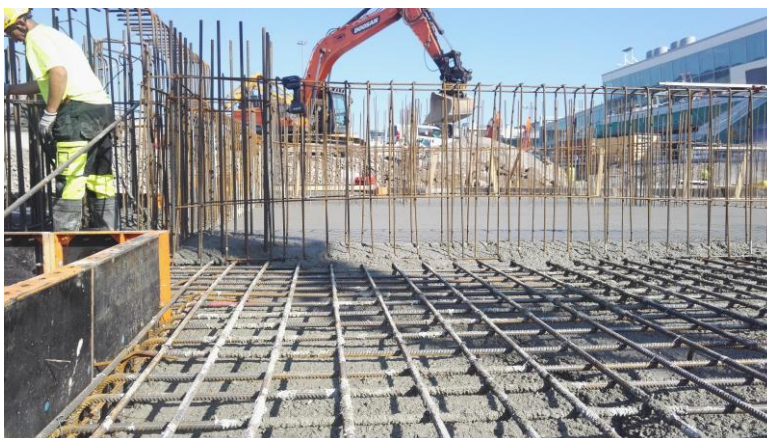
Työn aikana työntekijät ja työnjohto valvovat raudoitusta. Valmiista raudoituksesta tehdään raudoitustarkastus rakennusvalvonnan edustajan kanssa ja raudoituksen kelpoisuus todennetaan raudoitustarkastus pöytäkirjalla [Liite 2]. [3]



Kuva 19. Matkustajasillan perustusten sokkelin raudoitusta.

5.3.3 Betonointi

Työ suoritetaan erillisen betonointisuunnitelman mukaan ja siitä laaditaan betonointipöytäkirja [Liite 1]. Työn aikana kiinnitetään huomiota massan huolelliseen tiivistykseen, keralla tiivistettävä betonikerros max. 200 mm, betonimassan työstettävyyteen, pintojen huolelliseen hiertoon, jälkihoitoon ja suojaukseen. [3]



Kuva 20. Matkustajasillan perustuksen anturan betonointi käynnissä.

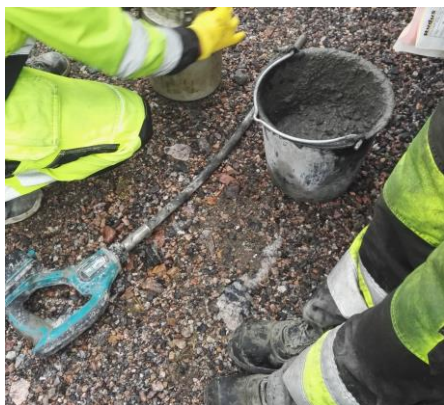
Matkustajasillan perustusten eri rakenneosiin käytettävän betonin kiven maksimiraekoa voidaan vaihdella. Esimerkiksi tiheään raudoitetun sokkelin betonin tiivistäminen ja betonin ohjaaminen ahtaisiin paikkoihin on hankalaa liian suurella raekoolla. Näissä tapauksissa voidaan harkita betonin notkeusluokan muuttamista notkeammaksi ja betonin maksimiraekokona käyttää esimerkiksi 8 mm kun taas matkustajasillan anturaan voidaan käyttää maksimiraekooltaan 16 mm:stä betonia ja vähemmän notkeaa betonimassaa.

Sokkelin betonoinnissa on myös tärkeää varmistaa huolellinen tiivistäminen suurtaajuussauvoilla, eli vibroilla. Tätä varten muottiin on suositeltavaa tehdä valaukkoja muottien sivuille, koska rakenne on raudoitettu niin tiheästi, ettei vibra välttämättä mahdu raudoitetun rakenteen läpi yläkautta, eikä betonimassan tiivistäminen välttämättä onnistu joka paikasta, jos ainoa paikka saada suurtaajuussauvat rakenteen sisälle on muottien yläpuolelta. Betonin noustua valaukon korkeuteen, voidaan valaukko laittaa kiinni. Myös riittävän pienen vibran käyttäminen on kannattavaa tiheästi raudoitettuja rakenteita betonoitaessa, että tiivistäminen onnistuu kauttaaltaan, kun vibra mahtuu raudoitteiden läpi. Tiheästi raudoitetun ja ahtaan rakenteen takia myös betonipumpulla pitää olla halkaisijaltaan riittävän pieni letkun pää, jotta betoni saadaan huolellisesti muotin sisälle, eikä betoninormien mukainen pudotuskorkeus ylitä.



Kuva 21. Sokkelin raudoitus ja muotit yläpuolelta kuvattuna.

Matkustajasillan betonin rasitusluokat ovat XA2 ja XC2, joten Betoninormit 2012 By50 mukaan suurin sallittu valukerroksen korkeus on 0,5 metriä, pudotuskorkeus maksimissaan metrin ja maksimi valuputken siirto 2 metriä kerrallaan. Matkustajasillan perustukset sisältävät vähintään metrin korkeita rakenteita, joten betoninormien mukainen maksimi nousunopeus 0,5 m/h on myös otettava huomioon betonitöissä. [5, s.127]



Kuva 22. Akkukäyttöinen pieni vibra betonin tiivistystöitä varten.

Kun matkustajasillan perustukset on valettu ja muotit purettu, asennetaan vielä perustusten ulkopintaan vesi- ja XPS-lämmöneristeet suunniteltuihin tasoihin. Vesieristyksen laitos on tärkeää, että betonipinta on puhdas, eikä pinta saa olla kostea, jotta vedeneristysmateriaali tarttuu rakenteen pintaan kiinni. XPS-lämmöneristeiden asennuksessa on oltava tarkkana, etteivät eristeet karkaa kovan tuulen mukana aiheuttaen FOD-vaaraa lentokoneille.



Kuva 23. Vesieristeet asennettuna matkustajasillan perustuksiin.

6 Yhteenveto

Lentoasema-alueen betonilaatat ovat laatuvaatimuksiltaan samaa tasoa kuin sisätilojen betonilattiat, tämä luo omat haasteensa koska laatat tehdään ja valetaan haluttuun koon ja kaatoihin ulkona tasolaserien avulla käsityönä. Pienemmissä betonoinneissa tämä onnistuisi tarkempien työvälineiden kanssa, kuten laserlevityskoneella. Laattojen suuri koko, kemikaalirasitukset, laatan halkeilun rajoittaminen, haastavat betonointiolosuhteet sekä ympäristö lisäävät työn vaativuutta. Lisäksi esimerkiksi betonin lujuus- ja rasitusluokat ovat vaatimuksiltaan parasta luokkaa.

Laatan tasaisuus vaatimukset ja saumojen toleranssit ovat korkealuokkaisia aivan kuten muutkin betonirakenteiden ominaisuudet. Sää tuo haasteensa lämpötilojen, kosteuden ja tuulien kautta, kun betonipinnan kuivuminen ei saa olla liian nopeaa. Myös laattojen sisällä kulkevat suuret määrät lämmitysputkia, jotka toimivat laattojen lumensulatusjärjestelmänä, tuovat omat haasteensa johtuen esimerkiksi niiden suuremmasta lämpölaajenemiskertoimesta suhteessa betoniin ja raudoitukseen. Moniin asioihin on siis kiinnitettävä huomiota niin suunnittelu- kuin toteutusvaiheessa. On pidettävä huolta, että nämä betonille suunnitellut ja vaaditut erityisvaatimukset täyttyvät, ja että kaikki edellytykset työn onnistumiseen ovat olemassa.

Insinööriyön tarkoituksena oli koota Destia Oy:n toteuttamat Helsinki-Vantaan lentoasema-alueen betonirakenteiden laatuvaatimukset yhteen sekä selvittää betonirakenteiden laadunvarmistus toimenpiteet lentoasemaympäristössä. Lisäksi tavoitteena oli kerätä tietoa itse käytännöstä, eli rakenteiden toteutuksesta ja kertoa tärkeäksi nähdyt pääpiirteet, joihin on olennaista kiinnittää huomiota, jotta laatutavoitteet saavutetaan. Työn aikana perehdyttiin betoninormeihin ja muuhun betonia koskevaan kirjallisuuteen, lisäksi apuna käytettiin omia havaintoja ja muiden urakassa työskentelevien tietotaitoa ja kokemusta.

Insinööriyön tilaajana toimineella Destia Oy:lla on muutaman vuoden kokemus asematason allianssiurakasta, joten betonirakenteiden laadunvarmistuksesta oli jo kosketuspintaa. Tätä insinööriyötä ja tässä tehtyjä selvityksiä voidaan käyttää hyväksi myöhemmin lentoasema-alueella toteutettavissa betonirakenteissa ja niiden laadunvarmistuksessa, sillä betonointitöiden suoritustavat ja materiaalit tuskin tulevat lähivuosina

muuttumaan. Muilla lentokentillä laatuvaatimukset voivat toki erota esimerkiksi liikennemääristä ja lentokonetyypeistä riippuen. Työstä syntyi laaja selvitys lentoasema-alueella toteutettavien betonirakenteiden laatuvaatimuksista ja toleransseista sekä rakentamisen aikaisesta laadunvarmistuksesta. Tämän ohella käsiteltiin monipuolisesti työsuunnittelua sekä varsinaista rakentamista, aina muotti- ja raudoitustöistä betonointiin, betonin jälkihoitoon ja saumauksiin saakka. Aiheena insinööritö oli laaja, aihetta sivuavaa jatkotutkimusta voisi tehdä esimerkiksi kyseisten betonirakenteiden kunnossapidosta, jota ei tässä työssä työn rajauksen ja aikarajoitteen puitteissa voitu huomioida.



Kuva 24. Betonoitu betonilaatta, joka tulee toimimaan lentokoneiden seisontapaikkana Helsinki-Vantaan lentoasemalla.

Lähteet

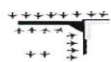
- 1 Betonirakenteiden ympäristöominaisuuksista. Arto Suikka & Jari Lemetyinen, Betoniteollisuus ry
www.rakennustieto.fi/%2FDownloads%2FRK%2FRK120503.pdf&usg=AOv-Vaw1Nd5ExaCRLAwVIUtcddb10
- 2 Destia Oy: Allianssi video esitys
- 3 Työvaiheen työ-, turvallisuus- ja laatusuunnitelma, 41110, paikallavalettavat betonirakenteet, Destia Oy Sanna Lehtonen/Jarmo Grön
- 4 SITOWISE Työselostus, Pasi Pekkala 31.3.2019
- 5 Betoninormit 2012 By 50
- 6 Betonilattiat 2014 By 45
- 7 Betonin valinta. Vesa Anttila, Rudus Oy:n Valmisbetonin kehityspäällikkö.
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090403.pdf>
- 8 Tuoreen betonin ilmamäärän automaattinen mittaaminen. Ojala, T. 2017.
- 9 <https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/ominaisuudet-ja-edut/betonin-vaurioituminen/>
- 10 Laadunvarmistustoimenpiteiden luettelo urakkaosa 4, 28.5.2019, Destia Oy
- 11 <https://www.elbecon.fi/mittalaitteet/betonipeitteen-paksuusmittarit>
- 12 <https://www.viacon.fi/tuote/bentoniittimatto/>
- 13 Destia Oy: Urakkarajakartta 2019

Betonointisuunnitelma- ja pöytäkirja

BETONOINTISUUNNITELMA
JA -PÖYTÄKIRJA

| | | | |
|---|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Projekti, urakkaosa | | Laatija | |
| Tilaaaja | | Suunnitelma laadittu, pvm | |
| Betonointityönjohtaja | | Betonilaborantti | |
| BETONOITAVA RAKENNE | | | |
| PERUSTIEDOT BETONISTA | a) kovettunut betoni | Lujuus- ja rakenneluokka | Pakkasenkestävyys |
| | | Vedenpitävyys | |
| | b) betoni- massa | Muut ominaisuudet | |
| | | Notkeus | Suurin raekoko |
| | Lisäaineet ja annostus | | Muut tiedot |
| BETONITYÖT | | SUUNNITELMA | |
| BETONITAVA OSA | | PÖYTÄKIRJA | |
| Betonoitava osa | | | |
| Betonimäärä (m³) | | | |
| Betonointinopeus (m³ / h) | | | |
| Betonointipäivä | | | |
| Betonoinnin alkaminen ja päättymisen (klo) | Alkaa | Päättyy | Alkoi |
| Betonin notkeus (painuma, sVB, MO, leviämä) | | | |
| Ilman lämpötila/ betonimassan lämpötila (°C) | Ilma | Betonimassa | Ilma |
| Jälkihoito, betonin lämpötilan seuranta sekä betonin lujuuskehityksen arviointi | | | |
| Muottien purku (lujuus, ikä) | | | |
| Koekappaleet (tunnukset, näytteenottoaikat) | | | |
| Häiriöt, varautuminen / oimenpiteet | | | |
| Muut tiedot, liitteet | | | |
| Pöytäkirja laadittu, pvm. | Betonointityönjohtajan allekirjoitus | | |

Betonilaatan anturapalkin muotin ja raudoituksen tarkastuspöytäkirja



Asematason
Allianssi
Finavia - Destia - SITO

Betonilaatan anturapalkin muotin ja raudoituksen tarkastuspöytäkirja

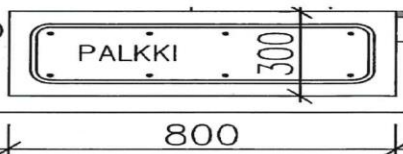
| | |
|---------------|---------------|
| Projekti: | Tilaaaja: |
| Laadittu pvm: | Raportti nro: |
| | Laatija: |

Katselmoitava kohde:

| | | Kunnossa | Korjattavaa | Pvm. | Huomiot ja lisätiedot | Korjattu |
|------------------|---|----------|-------------|------|-----------------------|----------|
| Muotti | -Sijainti vaakatasossa (toleranssi $\pm 20\text{mm}$) | | | | | |
| | -tuenta | | | | | |
| Raudoitus | -Suunnitelman mukainen raudoitus | | | | | |
| | -suojaetäisyydet 45mm, ap: 50mm (toleranssi $\pm 10\text{mm}$) | | | | | |
| | -terästen jatkospituus min. 800mm (toleranssi 20 mm) | | | | | |

Lisätietoja:

HAAT U12T12 K200
PITK.RAUD.
4+4 A11T12



| |
|------------------|
| Allekirjoitukset |
| Nimen selvennys |